

## Beschreibung

## Verfahren und Jitterpufferregelschaltung zur Regelung eines Jitterpuffers

5 In zeitgemäßen Kommunikationssystemen werden Verbindungen zur Übermittlung kontinuierlicher Datenströme, zum Beispiel zur Sprach-, Video- und/oder Multimediakommunikation, in zunehmendem Maße auch über paketorientierte Kommunikationsnetze, wie z.B. LANs (Local Area Network), MANs (Metropolitan Area Network) oder WANS (Wide Area Network), geführt. Auf  
10 dieser Technik basiert beispielsweise die sogenannte Internettelefonie, die häufig auch als "Voice over Internet Protocol" (VoIP) bezeichnet wird.

Zur Übertragung eines kontinuierlichen Datenstroms über ein paketorientiertes Kommunikationsnetz wird der Datenstrom in einzeln zu übertragende Datenpakete aufgeteilt, die jeweils mit einer Zieladresse und einem Zeitstempel versehen werden. Beim Austritt aus dem paketorientierten Kommunikationsnetz wird aus den Datenpaketen wieder ein kontinuierlicher Datenstrom zusammengesetzt. Da die Datenpakete im paketorientierten Kommunikationsnetz prinzipiell unabhängig voneinander übertragen werden, treffen  
20 die Datenpakete in der Regel nicht in äquidistanten Zeitabständen und häufig auch nicht in ihrer ursprünglichen Reihenfolge am Austrittspunkt ein. Zum Ausgleich solcher Laufzeitschwankungen werden die Datenpakete oder ihr Dateninhalt vor dem Zusammensetzen des Datenstroms meist in einem sogenannten Jitterpuffer zwischengespeichert, aus dem sie in konstanten Zeitabständen ausgelesen werden. Auf diese Weise kann aus in unregelmäßigen Zeitabständen eintreffenden Datenpaketen wieder ein kontinuierlicher Datenstrom rekonstruiert werden.

Ein Nachteil eines solchen Jitterpuffers besteht darin, dass die Datenübertragung durch die Zwischenspeicherung zusätzlich verzögert wird. Die  
30 durchschnittliche Zwischenspeicherungsdauer der Datenpakete sollte daher nach Möglichkeit minimiert werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die durchschnittliche Zwischenspeicherungsdauer nicht zu klein gewählt wird, da sonst verspätet eintreffende Datenpakete nicht mehr in die zeitliche Ausgabereihenfolge des Jitterpuffers eingeordnet werden könnten. Wenn ein Datenpaket erst eintrifft, wenn ein ihm in der ursprünglichen Sendereihenfolge nachfolgendes Datenpaket schon vom Jitterpuffer ausgegeben wurde, ist der reguläre Ausgabezeitpunkt für dieses verspätet eintreffende Datenpaket schon verstrichen und dieses Datenpaket ist zu verwerfen. Ein  
35 Ziel einer Jitterpufferregelung besteht also darin, die durchschnittliche

Zwischenspeicherungsdauer unter der Nebenbedingung einer noch akzeptablen Datenpaketverlustrate zu minimieren.

5 Bisher wird zur Regelung eines Jitterpuffers die mittlere durch die Zwischen-  
speicherung bedingte Übertragungsverzögerung gemessen und mittels  
eines ersten Regelkreises auf eine Sollverzögerung eingeregelt. Die Soll-  
verzögerung kann hierbei fest vorgegeben sein oder durch einen zweiten  
Regelkreis derart geregelt werden, dass die Übertragungsverzögerung bei  
10 noch akzeptabler Paketverlustrate minimiert wird. Die Vorgabe einer fes-  
ten Sollverzögerung schränkt jedoch die Flexibilität der Jitterpufferre-  
gelung ein während eine zusätzliche Regelung der Sollverzögerung insofern  
nachteilig ist, als ein zweiter Regelkreis benötigt wird. Durch zwei ein-  
ander beeinflussende Regelkreise gestaltet sich die Regelung erheblich  
komplexer. Zudem können dabei Stabilitätsprobleme auftreten.

15 Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Jitter-  
pufferregelschaltung zur Regelung eines Jitterpuffers anzugeben, die eine  
adaptive Minimierung einer pufferungsbedingten mittleren Übertragungsver-  
zögerung bei nur geringen Datenpaketverlusten erlauben.

20 Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Pa-  
tentanspruchs 1 sowie durch eine Jitterpufferregelschaltung mit den Merk-  
malen des Patentanspruchs 6.

25 Zur Regelung eines zum Puffern eines Datenpaketstroms vorgesehenen Jit-  
terpuffers wird für Datenpakete des Datenpaketstroms eine jeweilige durch  
die Pufferung bedingte Übertragungsverzögerung erfasst. Aus erfassten  
Übertragungsverzögerungen werden gewichtete Verzögerungsmittelwerte fort-  
laufend abgeleitet, wobei eine geringere Übertragungsverzögerung stärker  
30 gewichtet wird als eine höhere Übertragungsverzögerung. Abhängig von den  
fortlaufend abgeleiteten gewichteten Verzögerungsmittelwerten wird dann  
eine Auslesegeschwindigkeit des Jitterpuffers so geregelt, dass die abge-  
leiteten gewichteten Verzögerungsmittelwerte als Regelgröße auf eine vor-  
gegebene Sollverzögerung eingeregelt werden.

35 Die stärkere Gewichtung geringerer Übertragungsverzögerungen bei der Bil-  
dung der gewichteten Verzögerungsmittelwerte entspricht einer stärkeren  
Gewichtung verspätet eintreffender Datenpakete. D.h. ein gewichteter Ver-  
zögerungsmittelwert stellt nicht die durchschnittliche Übertragungsverzö-  
40 gerung aller gepufferten Datenpakete als vielmehr ein Maß für die Über-

tragungsverzögerung verspätet eintreffender Datenpakete dar. Durch die Einregelung der pufferungsbedingten Verzögerungsdauer von verspätet eintreffenden Datenpaketen auf eine vorgegebene Sollverzögerung kann auf einfache Weise gewährleistet werden, dass auch verspätet eintreffende Datenpakete noch gepuffert werden.

Ein überdurchschnittlich verspätet eintreffendes Datenpaket, das gerade noch kurz vor seinem Auslesezeitpunkt in den Jitterpuffer eingefügt wird und somit eine besonders geringe Übertragungsverzögerung aufweist, bewirkt durch deren stärkere Gewichtung, dass sich der gewichtete Verzögerungsmittelwert verringert. Dies bedingt wiederum eine Verringerung der Auslesegeschwindigkeit des Jitterpuffers, um so den gewichteten Verzögerungsmittelwert wieder an die Sollverzögerung anzugleichen. Falls dadurch noch stärker verspätete Datenpakete vor ihrem regulären Ausgabezeitpunkt in den Jitterpuffer eingefügt werden, wird die Auslesegeschwindigkeit weiter verringert. Andernfalls bleibt die Auslesegeschwindigkeit weitgehend konstant oder vergrößert sich wieder beim Ausbleiben vergleichbar verspäteter Datenpakete.

Durch die Regelung der gewichteten Verzögerungsmittelwerte wird die durchschnittliche Übertragungsverzögerung des Jitterpuffers automatisch an die Verspätungsdauer von verspätet eintreffenden Datenpaketen adaptiert. Auf diese Weise kann die pufferungsbedingte Übertragungsverzögerung unter Einhaltung einer geringen und gegebenenfalls einstellbaren Datenpaketverlustrate minimiert werden. Dass hierzu nur ein einzelner Regelkreis benötigt wird, stellt einen wesentlichen Vorteil der Erfindung dar.

Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann ein neuer gewichteter Verzögerungsmittelwert jeweils aus einem vorher abgeleiteten gewichteten Verzögerungsmittelwert und einer aktuell erfassten Übertragungsverzögerung abgeleitet werden. Auf diese Weise kann der benötigte Rechenaufwand erheblich verringert werden.

Weiterhin kann eine aktuell erfasste Übertragungsverzögerung mit einem vorher abgeleiteten gewichteten Verzögerungsmittelwert verglichen werden

und die Gewichtung der aktuell erfassten Übertragungsverzögerung abhängig vom Vergleichsergebnis ermittelt werden. Vorzugsweise kann die aktuell erfasste Übertragungsverzögerung mit einem ersten vorgegebenen Gewichtswert gewichtet werden, falls die aktuell erfasste Übertragungsverzögerung kleiner als der vorher abgeleitete gewichtete Verzögerungsmittelwert ist und mit einem zweiten vorgegebenen Gewichtswert gewichtet werden, falls die aktuell erfasste Übertragungsverzögerung größer als der vorher abgeleitete gewichtete Verzögerungsmittelwert ist. Dabei ist der erste Gewichtswert größer als der zweite Gewichtswert. Auf diese Weise wird gewissermaßen eine unter dem bisherigen gewichteten Verzögerungsmittelwert liegende Übertragungsverzögerung eines überdurchschnittlich verspäteten Datenpakets stärker gewichtet, so dass der gewichtete Verzögerungsmittelwert automatisch an verspätet eintreffende Datenpakete angepasst wird.

Durch eine geeignete Wahl des ersten und des zweiten Gewichtswerts können spezifische Regelgeschwindigkeiten der Jitterpufferregelung bedarfsweise eingestellt werden. Hierbei wirkt sich die Wahl des ersten Gewichtswerts insbesondere auf die Geschwindigkeit aus, mit der die Jitterpufferregelung auf besonders stark verspätete Datenpakete reagiert. Demgegenüber wirkt sich der zweite Gewichtswert auf die Geschwindigkeit aus, mit der die Jitterpufferregelung auf ein Ausbleiben von besonders verspäteten Datenpaketen reagiert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen jeweils in schematischer Darstellung:

Figur 1 einen Jitterpuffer und

Figur 2 eine Jitterpufferregelschaltung.

30

In **Figur 1** ist ein Jitterpuffer JP schematisch dargestellt, dem Datenpakete DP1,...,DP2,...,DP3 eines vorzugsweise internetprotokollbasierten Datenpaketstroms, z.B. zur Echtzeit-, Sprach-, Video- und/oder Multimediatechnik, zum Zwischenspeichern zugeleitet werden. Die Datenpakete DP1,...,DP2,...,DP3 enthalten jeweils einen Zeitstempel, der die ursprüngliche zeitliche Position des betreffenden Datenpakets im Datenpaketstrom angibt. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel sei angenommen, dass die Datenpakete DP1, DP2 und DP3 in der angegebenen Reihenfolge erzeugt wurden, aber beim Jitterpuffer JP aufgrund von Laufzeitschwankungen in der Reihenfolge DP3, DP2 und DP1 ankommen. Das Datenpaket DP3 hat so-

40

mit aufgrund einer überdurchschnittlich schnellen Übermittlung das Datenpaket DP2 überholt, während das Datenpaket DP1 aufgrund seiner besonders großen Verspätung hinter das Datenpaket DP2 zurückgefallen ist.

- 5 Als Nutzdateninhalt enthält das Datenpaket DP1 Kommunikationsdaten D1, das Datenpaket DP2 Kommunikationsdaten D2 und das Datenpaket DP3 Kommunikationsdaten D3. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel sei angenommen, dass die Kommunikationsdaten D1, D2 und D3 VoIP-Kommunikationsdaten (VoIP: Voice Over Internet Protocol) sind, die jeweils digitale Abtastwerte eines Sprachsignals umfassen.
- 10

Der Jitterpuffer JP weist eine Vielzahl von Speicherpositionen  $P_1, \dots, P_N$  auf, die in der angegebenen Reihenfolge zyklisch ausgelesen werden. Um die Datenpakete DP1, DP2 und DP3 bzw. ihre Nutzdateninhalte D1, D2 und D3 wieder in ihre ursprüngliche Reihenfolge zu bringen, werden diese in der Reihenfolge der Zeitstempel der Datenpakete DP1, DP2, DP3 an Speicherpositionen  $P_1, \dots, P_N$  des Jitterpuffers JP zwischengespeichert. Der Dateninhalt D1, D2 bzw. D3 eines ankommenden Datenpakets DP1, DP2 bzw. DP3 wird somit an einer anhand des Zeitstempels des Datenpakets DP1, DP2 bzw. DP3 bestimmten Speicherposition  $P_1, \dots, P_{N-1}$  bzw.  $P_N$  eingefügt. Dementsprechend wird der Dateninhalt, hier D3, eines besonders früh eintreffenden Datenpakets, hier DP3, an einer hinteren Speicherposition, hier  $P_{N-1}$ , eingefügt, der Dateninhalt, hier D2, eines Datenpakets, hier DP2, mit durchschnittlicher Laufzeit an einer mittleren Speicherposition, hier  $P_M$ , eingefügt und der Dateninhalt, hier D1, eines verspätet eintreffenden Datenpakets, hier DP1, an einer vorderen Speicherposition, hier  $P_2$ , eingefügt. Auf diese Weise werden die Dateninhalte D1, D2 und D3 und damit die Abtastwerte des Sprachsignals in ihrer ursprünglichen zeitlichen Reihenfolge vom Jitterpuffer JP ausgegeben.

30

In **Figur 2** ist eine Jitterpufferregelschaltung zur Regelung des Jitterpuffers JP schematisch dargestellt. Mit den Bezugszeichen in Figur 1 übereinstimmende Bezugszeichen bezeichnen hierbei gleiche Gegenstände. Durch die Regelung des Jitterpuffers JP soll einerseits die Anzahl zu spät eintreffender und damit zu verwerfender Datenpakete und andererseits die pufferungsbedingte durchschnittliche Übertragungsverzögerung der Datenpakete minimiert werden. Als zu spät eintreffendes Datenpaket sei in diesem Zusammenhang ein Datenpaket bezeichnet, bei dessen Eintreffen der Ausgabezeitpunkt der entsprechenden Speicherposition schon verstrichen ist. Mit anderen Worten: die pufferungsbedingte Übertragungsverzögerung

35

40

sollte so gering wie möglich sein, aber noch groß genug, um wahrnehmbare Paketverluste zu vermeiden.

Die Jitterpufferregelschaltung weist eine Erfassungseinrichtung EE zum  
5 Erfassen oder Messen einer Übertragungsverzögerung  $d_p$  eines jeweiligen  
Datenpakets, eine Mittelungseinrichtung ME zum fortlaufenden Ableiten von  
gewichteten Verzögerungsmittelwerten  $d_1$  aus erfassten Übertragungsverzö-  
gerungen  $d_p$  sowie eine Regeleinrichtung RE zur Regelung der Auslesege-  
schwindigkeit des Jitterpuffers JP in Abhängigkeit von den gewichteten  
10 Verzögerungsmittelwerten  $d_1$ . Die Erfassungseinrichtung EE erfasst für je-  
des der Datenpakete DP1, ..., DP2, ..., DP3 dessen Empfangszeitpunkt  $t_{rec}$   
sowie den Ausgabezeitpunkt  $t_{out}$  des ersten Abtastwertes des betreffenden  
Datenpakets aus dem Jitterpuffer JP. Hieraus wird die Übertragungsverzö-  
gerung des betreffenden Datenpakets zu  $d_p = t_{out} - t_{rec}$  ermittelt. Dies  
15 entspricht im Wesentlichen der Verweilzeit des Dateninhalts des betref-  
fenden Datenpakets im Jitterpuffer JP. Die ermittelten Übertragungsverzö-  
gerungen  $d_p$  der Datenpakete DP1, ..., DP2, ..., DP3 werden von der Erfas-  
sungseinrichtung EE an die Mittelungseinrichtung ME weitergegeben, die  
daraus fortlaufend die gewichteten Verzögerungsmittelwerte  $d_1$  berechnet  
20 und diese an die Regeleinrichtung RE weitergibt. Die Regeleinrichtung RE  
vergleicht die eintreffenden gewichteten Verzögerungsmittelwerte  $d_1$  mit  
einer vorgegebenen Sollverzögerung  $sd_1$  und regelt abhängig davon einen  
Auslesetakts CLK, mit dem die Abtastwerte aus dem Jitterpuffer JP ausgele-  
sen werden, derart, dass die gewichteten Verzögerungsmittelwerte  $d_1$  auf  
25 die Sollverzögerung  $sd_1$  eingeregelt werden. Zur Synchronisation der Da-  
tenrate der ausgelesenen Abtastwerte mit nachgeschalteten Kommunikations-  
anwendungen kann die durch die Regelung bedingte, leichte Schwankung des  
Auslesetaktes CLK durch Einfügen oder Verwerfen einzelner Abtastwerte in  
bzw. aus dem Abtastwertestrom oder durch eine Abtastratenumsetzung kom-  
30 pensiert werden.

Durch die Erfassungseinrichtung EE, die Mittelungseinrichtung ME und die  
Regeleinrichtung RE wird ein Regelkreis zum Einregeln der gewichteten  
Verzögerungsmittelwerte  $d_1$  als Regelgröße auf die vorgegebene Sollverzö-  
35 gerung  $sd_1$  realisiert. Die Erfassungseinrichtung EE, die Mittelungsein-  
richtung ME und die Regeleinrichtung RE können vorzugsweise als Programm-  
module oder Programmobjekte im Sinne einer objektorientierten Programmie-  
rung auf einem Mikroprozessorsystem implementiert sein.

Die gewichteten Verzögerungsmittelwerte  $d_1$  werden durch die Mittelungseinrichtung ME in rekursiver Weise berechnet. Für jedes gepufferte Datenpaket  $DP_1, \dots, DP_2, \dots, DP_3$  wird aus dessen aktuell erfasster Übertragungsverzögerung  $d_p$  sowie aus dem vorhergehend berechneten gewichteten Verzögerungsmittelwert  $d_{1old}$  ein neuer gewichteter Verzögerungsmittelwert  $d_1$  mittels der Rechenvorschrift  $d_1 = (1-s) \cdot d_{1old} + s \cdot d_p$  berechnet. Hierbei ist  $s$  dasjenige Gewicht, mit dem die aktuell erfasste Übertragungsverzögerung  $d_p$  in den gewichteten Verzögerungsmittelwert  $d_1$  eingeht. Das Gewicht  $s$  wird für jedes eintreffende Datenpaket anhand eines Vergleichs von dessen Übertragungsverzögerung  $d_p$  mit dem vorhergehenden gewichteten Verzögerungsmittelwert  $d_{1old}$  bestimmt. Dabei ist  $s = \beta_1$  falls  $d_p < d_{1old}$  und  $s = \beta_2$  falls  $d_p \geq d_{1old}$ .  $\beta_1$  ist hierbei ein vorgegebener erster Gewichtswert und  $\beta_2$  ein vorgegebener zweiter Gewichtswert, wobei  $\beta_1$  erheblich größer als  $\beta_2$  ist. Somit wird eine Übertragungsverzögerung  $d_p$ , die geringer ist als der vorhergehende gewichtete Verzögerungsmittelwert  $d_{1old}$ , erheblich stärker bei der Berechnung des neuen Verzögerungsmittelwertes  $d_1$  gewichtet, als eine Übertragungsverzögerung  $d_p$ , die größer oder gleich dem vorhergehenden gewichteten Verzögerungsmittelwert  $d_{1old}$  ist.

Durch die stärkere Gewichtung geringerer Übertragungsverzögerungen  $d_p$  werden bei der Bildung der gewichteten Verzögerungsmittelwerte  $d_1$  die verspätet eintreffenden Datenpakete, hier  $DP_1$ , überdurchschnittlich stark gewichtet. Der gewichtete Verzögerungsmittelwert  $d_1$  stellt somit im Wesentlichen ein Maß für die Übertragungsverzögerung der verspätet eintreffenden Datenpakete dar. Indem durch die Jitterpufferregelschaltung nicht der Durchschnittswert der Übertragungsverzögerungen  $d_p$ , sondern ein Maß für die Übertragungsverzögerung der verspäteten Datenpakete als Regelgröße verwendet wird, wird der Jitterpuffer JP automatisch so geregelt, dass verspätet eintreffende Datenpakete gerade nicht verloren gehen.

Durch geeignete Wahl der einzelnen Gewichtswerte  $\beta_1$  und  $\beta_2$  können die Regelgeschwindigkeiten des Regelkreises eingestellt und so an unterschiedliche Übertragungsverhältnisse angepasst werden. Durch den ersten Gewichtswert  $\beta_1$  wird hierbei die Geschwindigkeit beeinflusst, mit der der Regelkreis auf besonders verspätete Datenpakete reagiert. Dagegen wird durch den zweiten Gewichtswert  $\beta_2$  die Geschwindigkeit beeinflusst, mit der der Regelkreis auf ein Ausbleiben verspäteter Datenpakete reagiert. Ferner wird durch den Quotienten von  $\beta_1$  und  $\beta_2$  bestimmt, wie stark die gewichteten Verzögerungsmittelwerte  $d_1$  zu kurzen Übertragungsverzögerungen  $d_p$  hin verschoben werden. Indirekt kann dadurch die Paketverlustrate

beeinflusst werden. Durch Vergrößerung dieses Quotienten wird die Paketverlustrate im Allgemeinen verringert.

5 In einer typischen Übertragungssituation erweist sich ein erster Gewichtswert  $\beta_1$  in der Größenordnung von 0,1 und ein zweiter Gewichtswert  $\beta_2$  in der Größenordnung von 0,001 als vorteilhaft. Bei typischen Laufzeitverteilungen von Datenpaketen führt eine solche Wahl der Gewichtswerte  $\beta_1$  und  $\beta_2$  zu einer akzeptablen Paketverlustrate in der Größenordnung von 0,1 - 1%.

10

Da  $\beta_1$  wesentlich größer als  $\beta_2$  ist, stellen sich die gewichteten Verzögerungsmittelwerte  $d_1$  schnell auf kleine Übertragungsverzögerungen  $d_p$  ein und gehen beim Ausbleiben verspäteter Datenpakete langsam zurück. Damit kann sich die pufferungsbedingte Übertragungsverzögerung verhältnismäßig  
15 schnell, d.h. mit wenigen Paketverlusten, an eine Erhöhung der Anzahl oder der Verspätung von verspäteten Datenpaketen anpassen. Auf diese Weise wird die durchschnittliche pufferungsbedingte Übertragungsverzögerung - obwohl sie nicht selbst als Regelgröße verwendet wird - automatisch auf einen Minimalwert eingeregelt, wobei gleichzeitig eine niedrige Paketver-  
20 lustrate eingehalten wird. Im Unterschied zum bekannten Stand der Technik wird hierfür nur ein einzelner Regelkreis benötigt.



## Patentansprüche

- 1) Verfahren zur Regelung eines Jitterpuffers (JP) zum Puffern eines Datenpaketstroms, wobei
  - a) für Datenpakete (DP1, DP2, DP3) des Datenpaketstroms eine jeweilige durch die Pufferung bedingte Übertragungsverzögerung ( $d_p$ ) erfasst wird,
  - b) aus erfassten Übertragungsverzögerungen ( $d_p$ ) gewichtete Verzögerungsmittelwerte ( $d_1$ ) fortlaufend abgeleitet werden, wobei eine geringere Übertragungsverzögerung stärker gewichtet wird als eine höhere Übertragungsverzögerung, und
  - c) eine Auslesegeschwindigkeit (CLK) des Jitterpuffers (JP) abhängig von den fortlaufend abgeleiteten gewichteten Verzögerungsmittelwerten ( $d_1$ ) so geregelt wird, dass diese als Regelgröße auf eine vorgegebene Sollverzögerung ( $sd_1$ ) eingeregelt werden.
- 2) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein neuer gewichteter Verzögerungsmittelwert ( $d_1$ ) aus einem vorher abgeleiteten gewichteten Verzögerungsmittelwert und einer aktuell erfassten Übertragungsverzögerung ( $d_p$ ) abgeleitet wird.
- 3) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine aktuell erfasste Übertragungsverzögerung ( $d_p$ ) mit einem vorher abgeleiteten gewichteten Verzögerungsmittelwert verglichen wird, und die Gewichtung der aktuell erfassten Übertragungsverzögerung ( $d_p$ ) abhängig vom Vergleichsergebnis ermittelt wird.
- 4) Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die aktuell erfasste Übertragungsverzögerung ( $d_p$ ) mit einem ersten vorgegebenen Gewichtswert ( $\beta_1$ ) gewichtet wird, falls die aktuell erfasste Übertragungsverzögerung ( $d_p$ ) kleiner als der vorher abgeleitete gewichtete Verzögerungsmittelwert ist, und mit einem zweiten vorgegebenen Gewichtswert ( $\beta_2$ ) gewichtet wird, falls die aktuell erfasste Übertragungsverzögerung ( $d_p$ ) größer als der vorher abgeleitete gewichtete Verzögerungsmittelwert ist, wobei der erste Gewichtswert ( $\beta_1$ ) größer als der zweite Gewichtswert ( $\beta_2$ ) ist.

- 5) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Regelgröße ( $d_1$ ) durch einen einzigen Regelkreis geregelt  
wird.

5

- 6) Jitterpufferregelschaltung zur Regelung eines Jitterpuffers (JP) zum  
Puffern eines Datenpaketstroms, mit
- a) einer Erfassungseinrichtung (EE) zum Erfassen einer durch die Puf-  
ferung bedingten Übertragungsverzögerung ( $d_p$ ) eines jeweiligen Da-  
tenpakets (DP1, DP2, DP3) des Datenpaketstroms,
- 10 a) einer Mittelungseinrichtung (ME) zum fortlaufenden Ableiten von ge-  
wichteten Verzögerungsmittelwerten ( $d_1$ ) aus erfassten Übertragungs-  
verzögerungen ( $d_p$ ) bei stärkerer Gewichtung einer geringeren Über-  
tragungsverzögerung gegenüber einer höheren Übertragungsverzöge-  
15 rung, und
- b) einer Regeleinrichtung (RE) zum Einregeln der fortlaufend abgelei-  
teten gewichteten Verzögerungsmittelwerte ( $d_1$ ) auf eine vorgegebene  
Sollverzögerung ( $sd_1$ ) durch Regelung einer Auslesegeschwindigkeit  
(CLK) des Jitterpuffers (JP) abhängig von den fortlaufend abgelei-  
20 teten gewichteten Verzögerungsmittelwerten ( $d_1$ ).

## Zusammenfassung

## Verfahren und Jitterpufferregelschaltung zur Regelung eines Jitterpuffers

- 5 Zur Regelung eines Jitterpuffers (JP) werden pufferungsbedingte Übertragungsverzögerungen ( $d_p$ ) von Datenpaketen (DP1, DP2, DP3) erfasst. Aus erfassten Übertragungsverzögerungen ( $d_p$ ) werden gewichtete Verzögerungsmittelwerte ( $d_1$ ) fortlaufend abgeleitet, wobei eine geringere Übertragungsverzögerung stärker gewichtet wird als eine höhere Übertragungsverzögerung.
- 10 Abhängig von den fortlaufend abgeleiteten gewichteten Verzögerungsmittelwerten ( $d_1$ ) wird dann eine Auslesegeschwindigkeit (CLK) des Jitterpuffers (JP) so geregelt, dass die gewichteten Verzögerungsmittelwerte ( $d_1$ ) als Regelgröße auf eine vorgegebene Sollverzögerung ( $sd_1$ ) eingeregelt werden.

15

Figur 2